

木製ボックス部材による薄肉ラーメン構造の耐雪住宅開発

研究組織：山下研究室＋江尻建築構造設計事務所
受託期間：平成 18 年 4 月 1 日～平成 19 年 3 月 31 日
デザイン・設計：山下秀之（主査）、江尻憲泰、ピーター・オッケレン
各種模型・CG・作画：廣田真治、諏方優樹、桑野洋紀、沼田聡、丹 洋祐、山岸 悠、小畑智之、武井奈津美、白石善彦



原寸大模型の写真：研究の根幹となる柱パネルと梁パネルのジョイント部分

はじめに

本研究は、新潟県中越地方という多雪地域に位置し、中越地震（2004 年 10 月 23 日発生）、中越沖地震（2007 年 7 月 16 日発生）に見舞われたことから、慎重に慎重を重ねた計画を提示するものです。

このような状況とは別に、研究が終了（2007 年 3 月 31 日）したのち、建築基準法改正（2007 年 6 月 20 日施行）により、構造計算適合性判定 という第三者審査制度が導入されました。現状では、法の運営に対して、試行錯誤されており、今後、確定されていくものと考えられます。よって、本計画の実施設計にあたり、行政との綿密な打合せが必要と思われる。

なお、ここに掲載された誌面構成は、「部位」→「街並」という順序になっています。

1 研究開発の概要

中越地方に見舞われた「地震と豪雪のダブルパンチ」が、研究のきっかけである。通常、薄肉ラーメン構造は鉄筋コンクリート造（RC 造）に用いられるが、本研究開発では、木製ボックスパネルを門型に組み上げ、強度の高い規格住宅（対積雪、対地震）を開発しようと考えた。

2 研究開発の目標

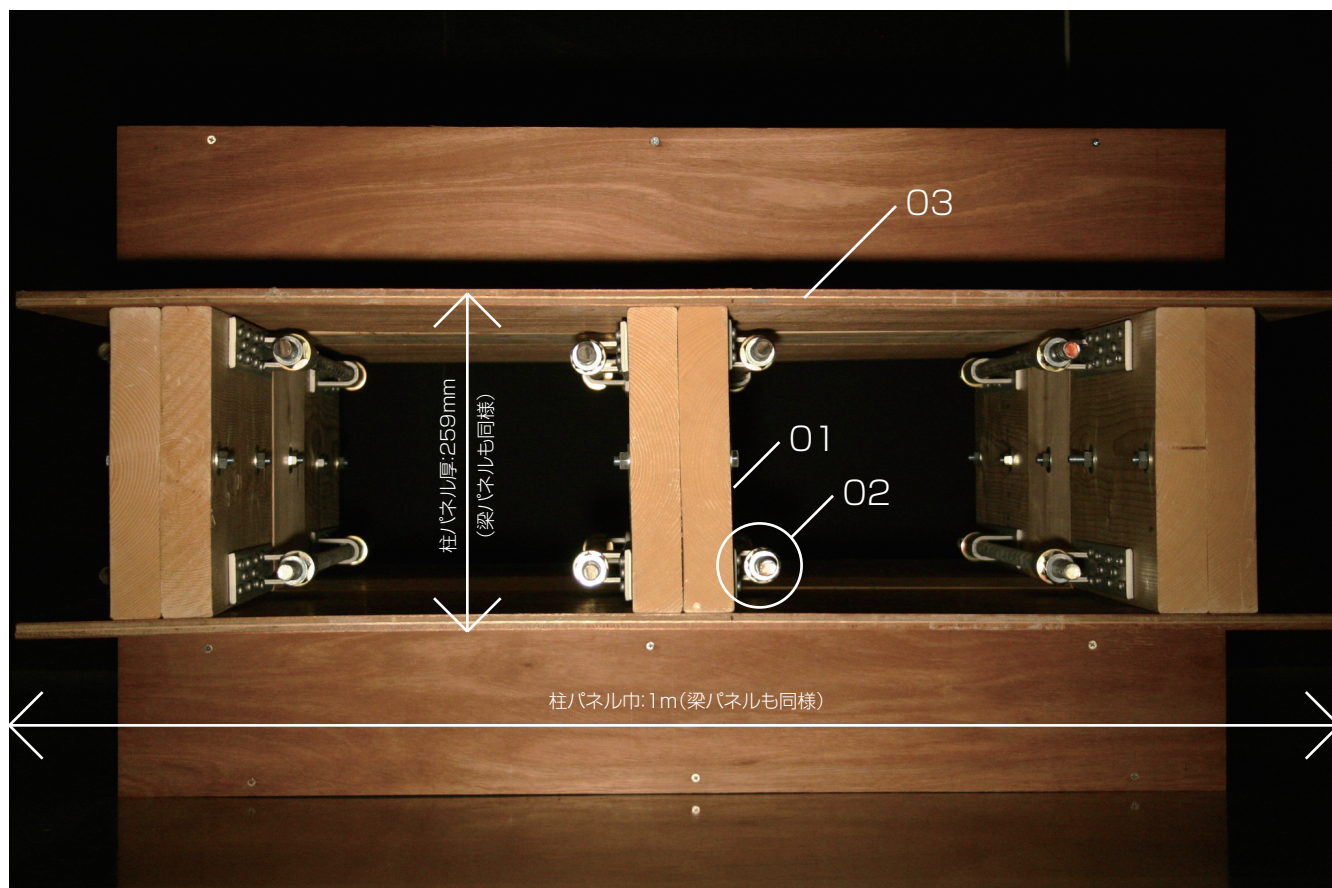
2-1 構法の研究開発

3 階建／積雪 3m／ベースシア係数 0.2 の設計条件での木造薄肉ラーメン構造の開発をし、柱パネルと梁パネルを剛接合する構法と、簡便な建て方の開発をしようとするものである。

2-2 意匠の研究開発

戸建て木造住宅プロトタイプを開発し、低層木造集合住宅へ

- 01
ボックスパネルのリブは、2×材
・柱と梁 2×10 (38×235mm)
02
ビス止めホールダウン金物は、25KN 用
・日本住宅・木材技術センター認証
告示 1460 号第二号 (り) (ぬ) 適合製品
・ボルトM12
03
構造用合板 t12



原寸大模型の写真：柱パネル（木製ボックス）の内側を上部から見下ろす

の展開、雪国における里山集合居住環境のモデル開発をしようとするものである。

3 研究開発の意義

3-1 未開発であること

既成の商品化住宅の構法を洗い出し、木造による薄肉ラーメン構造の事例が、どのメーカーにもないことを確認した。木造ラーメンによる大きな空間づくりは、薄肉ラーメン構造において未だされておらず、研究開発の意義がある。低層であれば、RCの薄肉ラーメン構造を、木造に置き換えて活用できるようになる。

3-2 シンプルであること

シンプルな構法、シンプルな建て方で、強度の高い木造住宅を開発することは、社会的に求められている。職工の技術低下に拍車がかかる時代にあって、簡便な建て方の成果は社会的に大きいと考える。

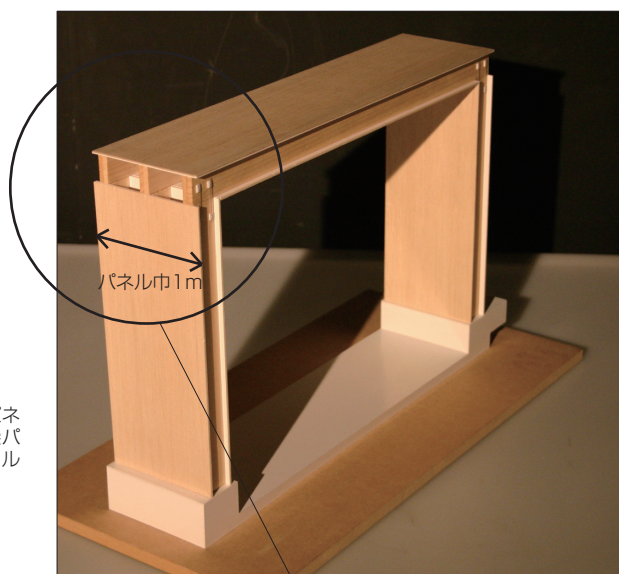
4 研究開発の社会性

「雪下ろしを不要にする耐雪住宅」を開発し、豪雪地方で深刻な問題となっている高齢者の事故や、豪雪時における連日の雪下ろし労苦をなくそうとするものである。また、地震国において、規格化されたシンプルな構法で、強度の高い木造住宅を開発することは、社会貢献度が極めて大きい。中越地震の山古志地区をはじめとする復興地域では、建設コストが割安で、安全で苦勞のない、長期居住にも適した住宅が求められている。そのひとつの案として有効であると考ええる。

5 研究開発の実現可能性

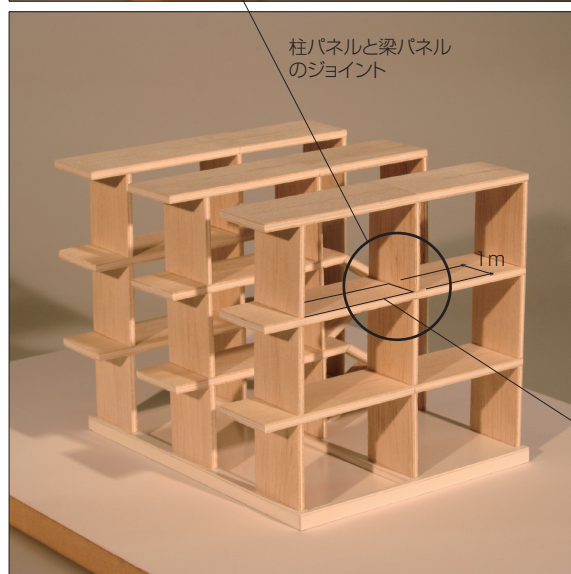
5-1 法的な観点

接合部およびボックスパネルの、強度試験および耐火試験の実施を経て、型式認定を取得すれば、実現の可能性がある。



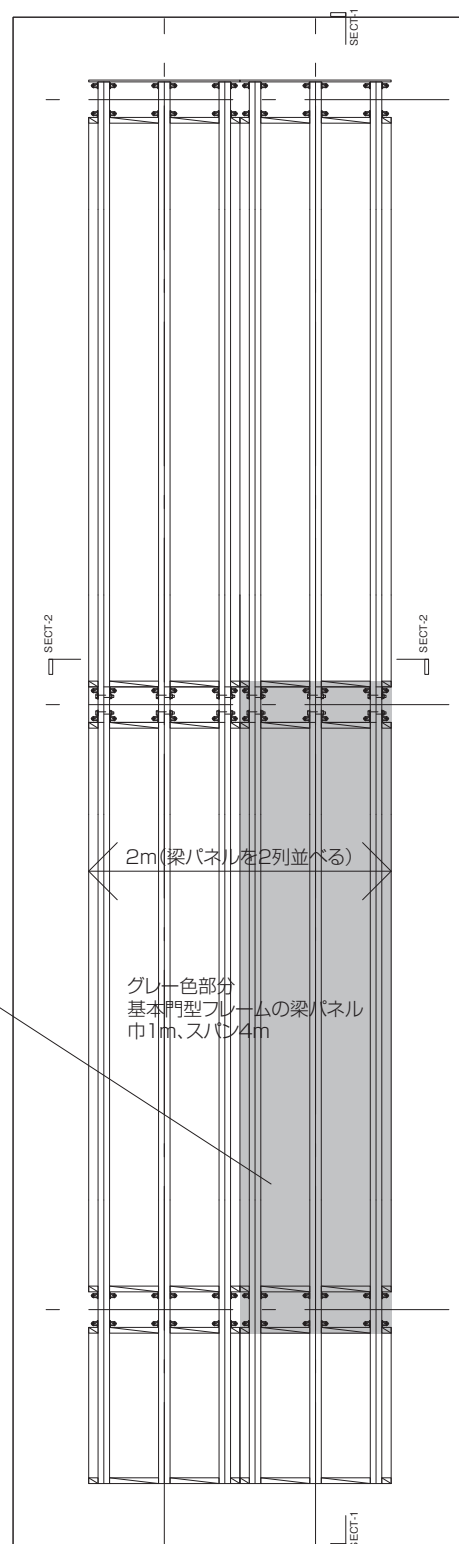
基本門型フレーム
s=1/10

門型のスパンは4m。薄肉パネルの巾は1m。柱パネルと梁パネルのジョイントは、梁パネル勝ちとなる。



一戸建て住宅の基本構造
s=1/60

上の基本門型フレームを、全部で18積層することにより、建物を構造化する。

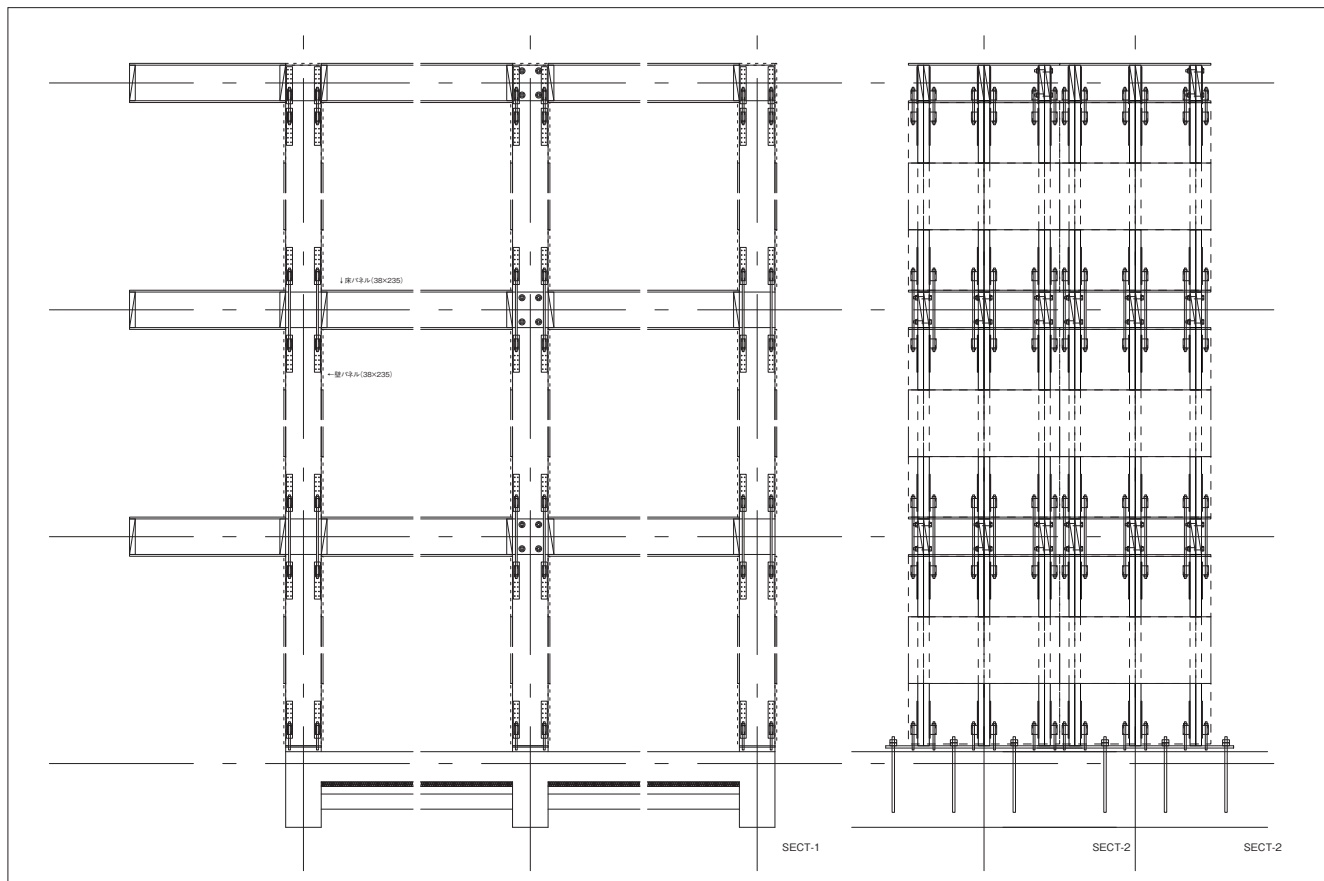


門型の基本パネルの組み上げ（構法 A 締め金物）

パネルの設計について

断面図でよくわかるとおり、柱パネルと梁パネルの断面構成（材と厚）は同じである。よって工場生産では、長尺ものを切り揃えるだけでよい。本プロトタイプにおけるパネルのサイズは、4種のみとなる。

柱パネルの上に梁パネルを乗せる形式は一般的である。



プロトタイプ住宅の構造姿図（構法 A __ 締め金物）

5-2 コスト的な観点

在来軸組構造と競合するために、既成の2×材を構成部材に使うことでコスト削減をはかり、実現の可能性を高めている。

5-3 施工的な観点

3階建ての二世帯住宅（施工床面積 192 m²、平面 10m 正方形）の建て方を検討することで、簡便な施工の実現をはかる。

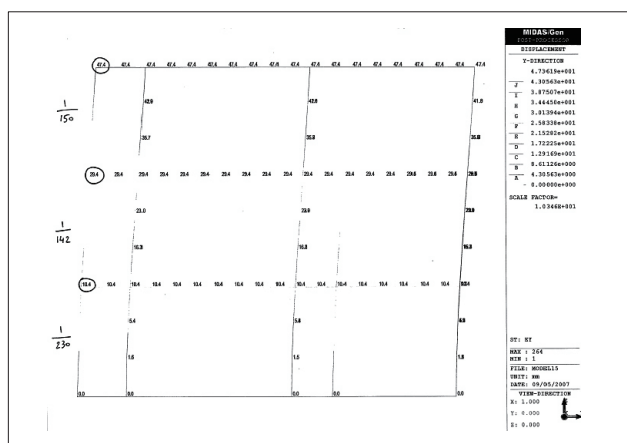
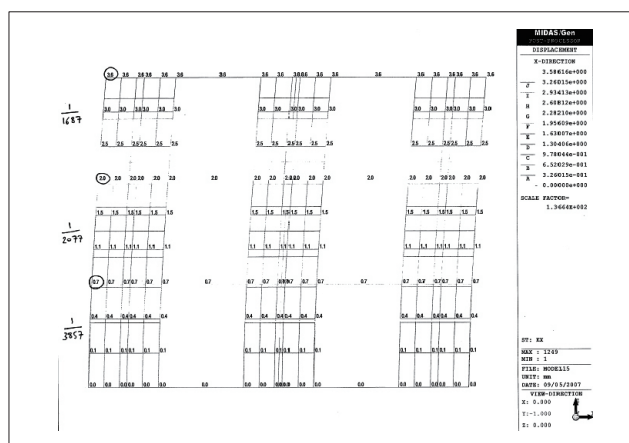
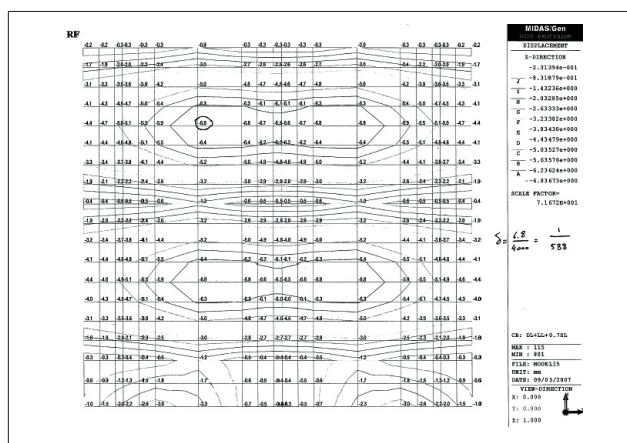
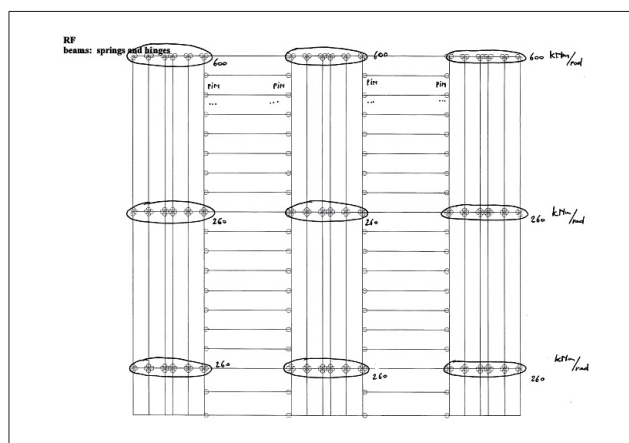
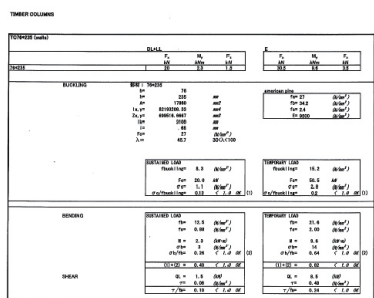
6 構法の研究開発

6-1 設計方針

構法の研究開発は、木造の薄肉ラーメン構造を開発し、対積雪、対地震（積雪3m / ベースシア係数0.2の設計条件）の住宅プロトタイプの「構法」を開発するものである。具体的には、木製ボックスパネルを門型に組み上げるものであり、その際に剛接合のジョイントの構法が最も重要となる。本研究では、特にその部分を設計し、構造的特性を調べるものである。



プロトタイプ住宅の構造模型

[illegible]

プロトタイプ住宅の構造解析（構造計算書全 135 ページより抜粋）

6-2 構法開発の背景

木造パネル構法は、主に北アメリカの木造住宅で主流であり、日本国内でもめずらしくない。着目すべきは、パネルを構成する建材（構造用合板、2×材、締め金物）が、国内でも一般的に安価に手に入ることである。それらは長岡のムサシに注文すれば数日後には入荷される。

6-3 構造設計条件

積雪荷重については、以下のとおりに仮定した。

- ・構造規模：木造、3階建て、最高高さ8745mm
- ・積雪荷重：3.0m 30N/m²/cm α ：低減率
- ・積雪長期荷重（フレーム、基礎、二次部材）： $\alpha = 0.70$
- ・積雪短期荷重： $\alpha = 0.35$

積載荷重については、以下のとおりに設定した。

	床版小梁用	架構・基礎用	地震用
・屋根:	1,000	0	0
・1階:	1,800	1,300	600 (N/m ²)

6-4 柱パネル・梁パネルの規格化

木製ボックスパネルの基本的な仕様について、以下のように規格化した。

- ・パネル共通仕様：構造用合板（厚 12mm）
- ・リブ（ツブバイ材）：2 × 10（38 × 235mm）
- ・柱パネルサイズ：W1000mm、T258mm、L2700mm
- ・梁パネルサイズ：W1000mm、T258mm、L4000mm

6-5 柱梁パネルのジョイント構法2案

本研究では、最も重要となる柱パネルと梁パネルの接合構法

建設への留意点

1 生産と建方について

基本パネルは、1枚あたり200kg～300kgと思われる。トラッククレーンでの吊り上げは可能だが、アームの長さが足りない車種がある。一般的なプレファブメーカーは、おおよそ1～2日で建て方終了するが、本研究では1日を想定している。従って、重機のコントロールが重要となる。

2 建方精度のコントロールについて

ジョイント部分を工夫して水平・垂直を調整する方法もあるが、すべて組み上げてからグラウトの方が早いと思われる。建方用に位置保持のジグを考

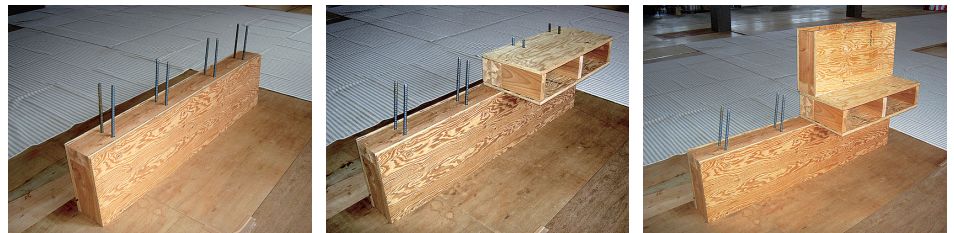
えるべきであり、接着剤の種類によっては、締め付け用のジグも必要となる。

3 構法Bの接着剤の選定について

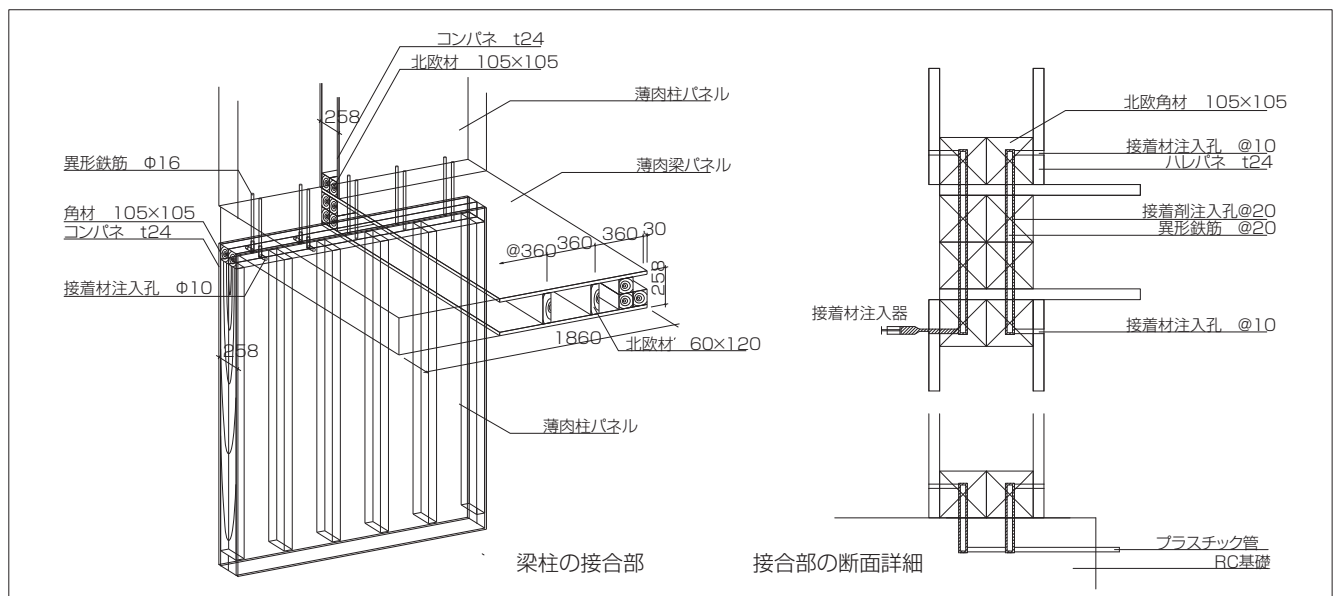
二液性のエポキシ樹脂が適すると思われる。硬化時間や季節、耐久性等いろいろな条件のもとに選定をする必要がある。ジョイント部に隙間やガタが生じることを考えると、粘性の高い接着剤がよい反面、施工性や充填性を考えると粘性の低いものを選択する必要がある。

4 防蟻処理について

1階部分まで木造で作るため、防蟻を考える必要がある。しかしながら、事実として、防蟻で極めて有効な方法はない。



構法B モックアップ__柱パネル→梁パネル→柱パネルと鉄筋を貫通させそこに接着剤を注入する



構法B__鉄筋接着によるジョイント詳細の概念図

として、以下のふたつの案を研究した。

- ・構法A__締め金物
- ・構法B__鉄筋接着

6-6 構法A__締め金物

フロントページの写真が、そのモックアップである。一般的に流通している建材を前提として、ビス止めホールダウン金物は、25KN用（日本住宅・木材技術センター認証、告示1460号第二号（り）（ぬ）適合製品、ボルトM12）とした。前々ページの詳細図のとおり、これを1m巾のパネル接合に、計12個取付けるものである。

6-7 構法B__鉄筋接着

従来からあるケミカルアンカーによる接合方法を、本研究に応用するものである。すでに難しいディテールによる木造軸組構造の接着工法はあるが、本構法は極めて挑戦的ながらも簡便である。接合部のラフなモックアップを製作し、以下のとおりの問題点を抽出した。

- ・現場接着であるため、現場まかせの強度や品質の確保が難しい。
- ・重機で吊り上げたパネルの孔を、設置済みの挿し筋に合わせることに手間取る。
- ・接着強度が出るまでに時間を要する（足場やジグの維持）。

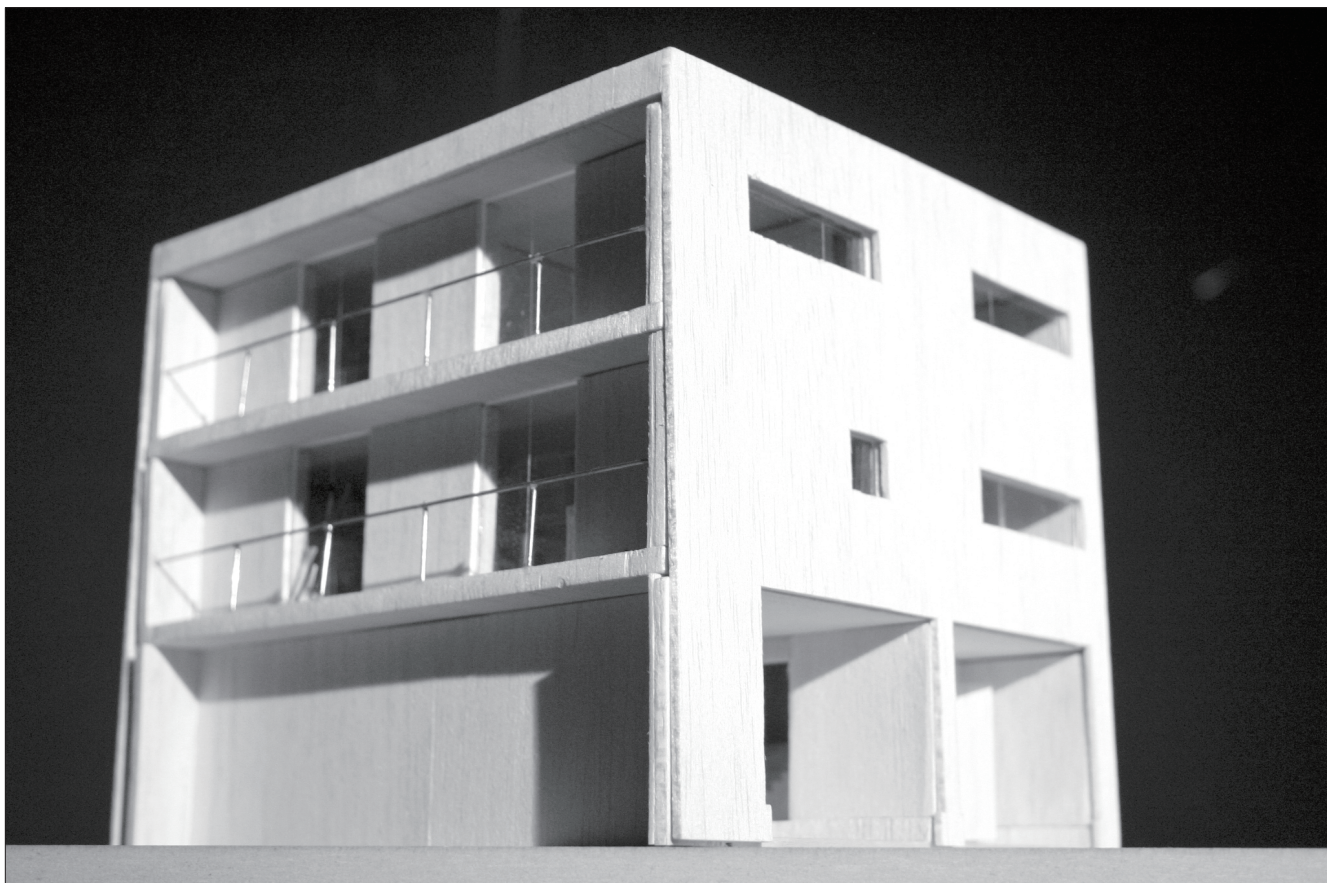
6-8 実施へプロセス

以下の内容をクリアしていくことが、実施へのプロセスとして不可欠である。

- ・接合部およびボックスパネルの強度試験、耐火試験、振動試験の実施を経て、技術的かつ法的に実現可能とし、「型式認定」の取得の準備とすること。
- ・遮音と断熱に関する実験を経て性能を確かめ、品質的に実現可能とすること。
- ・部材構成を検討し、木造の在来軸組構造の建設費と競合しうるようにすること。



長屋式集合住宅のイメージ



プロトタイプ住宅の建築模型：構造上、ポツ窓壁面を全高全巾の窓にすることも可能

6-9 展望

特に、現場施工の接着剤については、構造強度のみならず環境問題に適したタイプの選出が可能と考えている。その成果は、木造軸組構造にもフィードバックされ、いずれ近いうちに環境問題をクリアしながら構造強度も満たす「接着ジョイント工法」として、さまざまに活用されるようになって考えている。

7 意匠の研究開発

意匠の研究開発は、雪国における、戸建て二世帯住宅および低層集合住宅のプロトタイプの「意匠」を開発するものである。

7-1 設計方針

本構法による戸建て住宅の設計方針は、以下の3点である

- ・ 格安な建設コスト
- ・ 凹凸をなくし無装飾とし、構造の安定とコスト削減を図る。
- ・ 十分な床面積

子供夫婦が親夫婦の老後をケアする、二世帯家族像を想定する。

7-2 プロトタイプ

戸建て住宅の具体的な設計案は、以下のプロトタイプとした。

- ・ 10m×10mの平面形で3層構成：キュービックな外形。
- ・ フラットルーフ：雪下ろしの労苦や落雪による事故を避ける。
- ・ 高床式：積雪による居住空間の埋没を避ける。
- ・ 2階を家族の主要共有スペース、3階を個室スペースとする。

7-3 研究開発の成果

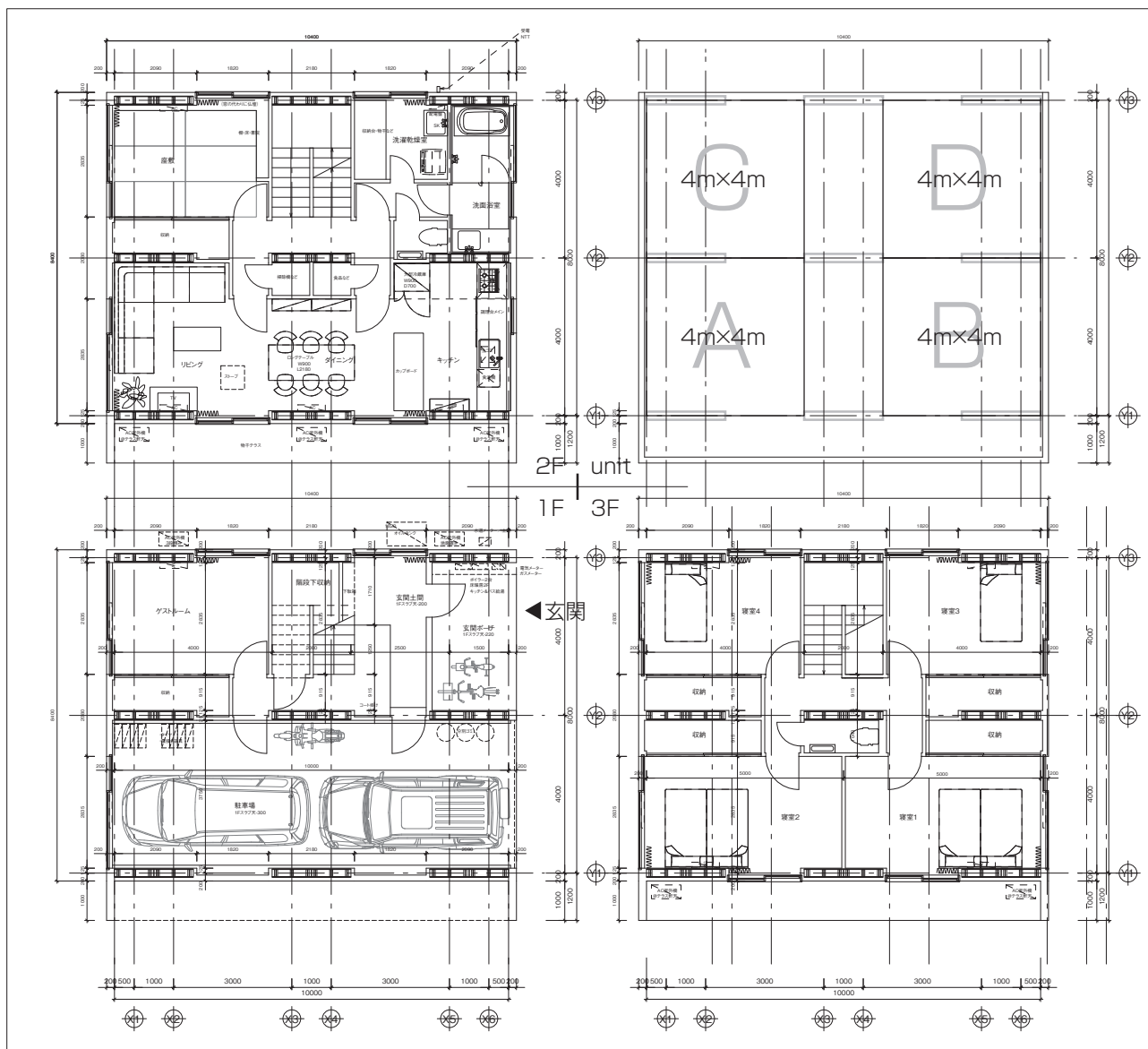
本構法は、一般的なツーバイフォー住宅とは異なり、柱のない大きな空間をとりやすい。RC 薄肉ラーメン構造による平面計画に類似する。東西南北の外壁面に、十分な外光と外気をもたらす自由で大きな開口部が可能となる。

この構法を、低層集合住宅の設計に応用すると、薄肉ラーメン構造を連続させたタウンホーム形式となる。たとえば、1棟で12戸を目安にした集合住宅計画が想定される。

意匠計画の概要

薄肉柱が規則正しく配列する中で、4m × 4mの空間単位を間取りのガイドとしている。その概要は、右のとおりである。

- ・ 格安住宅であることが大前提となる。
- ・ 各階平面図の下方向を南と想定した。
- ・ 「田の字」プランの中心から放射状。
- ・ 階段を北側に寄せた。
- ・ 水回りを東側に寄せた。
- ・ 2Fを共有スペース（LDK）にした。
- ・ LDKをワンルームとした。
- ・ 3Fを個室スペース（寝室）にした。
- ・ 各寝室には大容量の押入を設けた。
- ・ 窓の規格を統一した。
- ・ 南側に横連続テラスを張り出した。



プロトタイプ住宅の各階平面図



2階リビング

2階ダイニング

2階キッチン

2階和室

2階洗面室

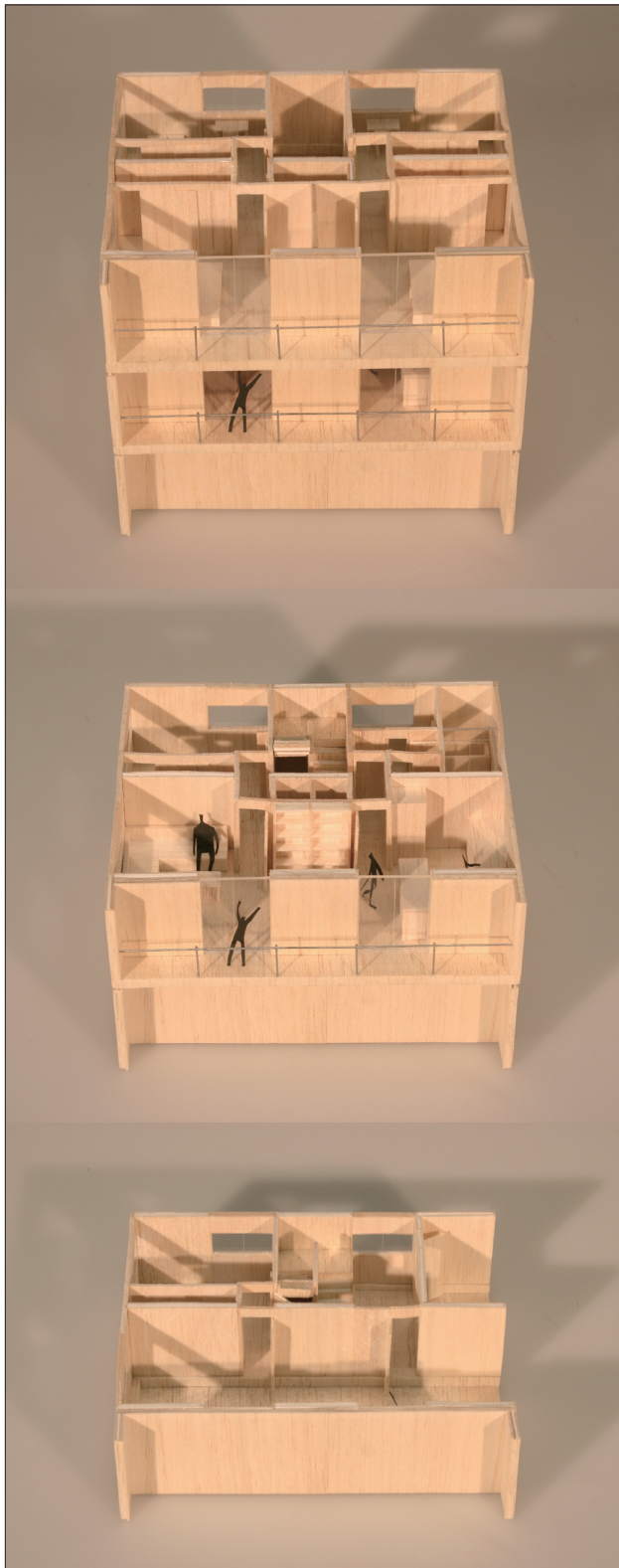
2階浴室



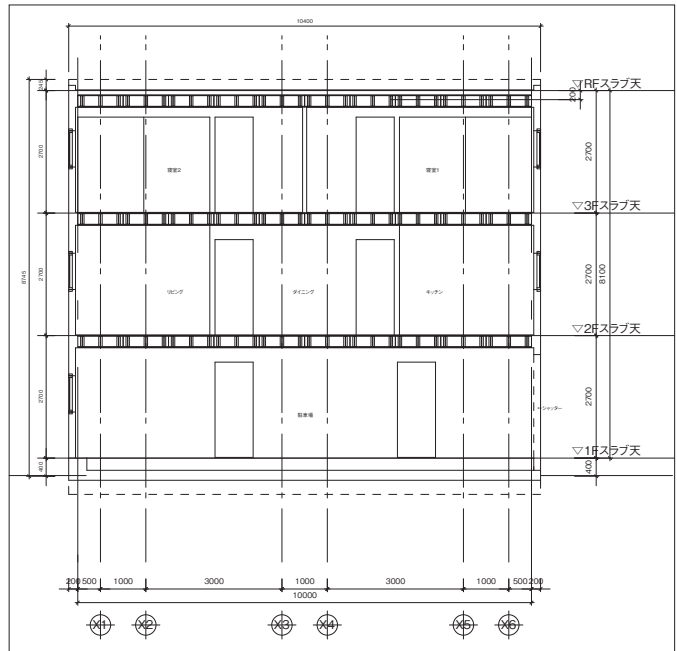
ファサード

3階寝室

プロトタイプ住宅の空間 CG



プロトタイプ住宅の各階模型写真



プロトタイプ住宅の断面図

7-4 成果の活用

上記の「戸建て住宅」と「低層集合住宅」を、複合的に配置した集落形成のビジョンを持っている。具体的にその設計は本研究外の作業であったが、以下の2種に応用したイメージを最後に提示したい。

- ・都市型タウンプランニング（見附市市野坪町）
- ・中山間地集落（山古志東竹沢地区）

論点は、格安の建設コストで、美しき集合居住環境のモデルを描くことができるかどうか、ということである。

都市型タウンプランニングのイメージ（見附市市野坪町）

2007 年後半に見附市より市野坪町のタウンプランニングの依頼があった。イメージは、ロットの割り付けをしたあとで、参考のために本研究のプロトタイプ住宅を配置したものである。キュービックな住宅群は、格安価格での販売を想定したものであるが、緑道・緑地を設けることによって、シンプルで清潔感あふれるモダンリビングの街並ができると考えた。

中山間地集落のイメージ（山古志東竹沢地区）

2006 年度卒業の小畑智之の卒業研究「何年も先、山古志であるために：東竹沢地区における木籠集落の再生」において、そのプロトタイプ住宅に進行中だった本研究を反映させた。キューブを連結し雁行させて、屋根勾配をつけることで、集落の雰囲気向上させた。



都市型タウンプランニングのイメージ（見附市市野坪町）



中山間地集落のイメージ（山古志東竹沢地区）